TETA-03

การวัดประสิทธิภาพการทำงานเชิงเวลาของเครื่องจักรกลเกษตรด้วยระบบ GNSS

*วสุ อุดมเพทายกุล[1], ลือพงษ์ ลือนาม[2] และ เชิดพงษ์ เชี่ยวชาญวัฒนา[3]

[1]*หลักสูตรวิศวกรรมเกษตร สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ*

[2]*ภาควิชาพัฒนาการเกษตรและการจัดการทรัพยากร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ*

[3]*ภาควิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมเครื่องกล วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, กรุงเทพฯ*

ผู้เขียนติดต่อ: วสุ อุดมเพทายกุล E-mail: kuvasu@gmail.com

บทคัดย่อ

ในการระบุสมรรถนะของเครื่องจักรกลเกษตร ประสิทธิภาพในการทำงานเชิงเวลาเป็นค่าชี้ที่สำคัญประการหนึ่งโดยเป็นอัตราส่วนระหว่างเวลาที่ใช้ในการทำงานซึ่งทำให้เกิดผลผลิตของอุปกรณ์นั้นๆ เทียบกับเวลาทั้งหมดที่ใช้ในการทำงาน โดยงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบการบันทึกข้อมูลการทำงานเชิงเวลาของเครื่องจักรกลเกษตรแบบอัตโนมัติเพื่อให้ได้ข้อมูลที่เพียงพอสำหรับการปรับปรุงประสิทธิภาพในการทำงานของเครื่องจักรกลเกษตร ระบบที่พัฒนาขึ้นประกอบด้วย เครื่องรับสัญญาณ GNSS (ที่นิยมเรียกว่า GPS) และเข็มทิศอิเล็กทรอนิกส์ โดยข้อมูลพิกัด และความเร็วในการเคลื่อนที่ของเครื่องจักรกลเกษตรจะถูกบันทึกลงใน SD card ทุกๆ 1 วินาที โดยมีไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวควบคุมการทำงาน ระบบดังกล่าวถูกใช้ทดสอบกับรถตัดอ้อยในการเก็บเกี่ยวอ้อยบนพื้นที่ 6 ไร่ ใน จ.สระแก้ว ในช่วงต้นเมษายน 2557 ผู้วิจัยได้ติดตั้งกล้องวีดีโอบนหลังคารถตัดอ้อยและข้างแปลงเก็บเกี่ยวเพื่อบันทึกภาพเคลื่อนไหวสำหรับการอ้างอิงและตรวจสอบค่าที่บันทึกได้ จากการศึกษาพบว่ารถตัดอ้อยใช้เวลาในการเก็บเกี่ยวทั้งหมด 5:04 ชั่วโมง โดย 16.9% 37.2% และ 31.9% ของเวลาทั้งหมดใช้ในการ หยุดนิ่ง เคลื่อนที่ถอยหลัง และกลับรถ ตามลำดับ เมื่อพิจารณาการเหลื่อมกันของเวลาแล้ว สามารถคำนวณประสิทธิภาพเชิงเวลาของการเก็บเกี่ยวครั้งนี้ได้เท่ากับ 45.0% โดยส่วนใหญ่ข้อมูลพิกัดและทิศทางที่บันทึกได้สามารถใช้จำแนกกิจกรรมของรถตัดอ้อยได้ อย่างไรก็ตาม ข้อมูลการเคลื่อนที่โดยไม่ได้ผลผลิตจำเป็นต้องใช้ภาพเคลื่อนไหวจากวิดีโอที่บันทึกไว้ช่วยประกอบการพิจารณา

คำสำคัญ: ประสิทธิภาพการทำงานเชิงเวลา; เครื่องจักรกลเกษตร; รถตัดอ้อย; GNSS; GPS

1. บทนำ

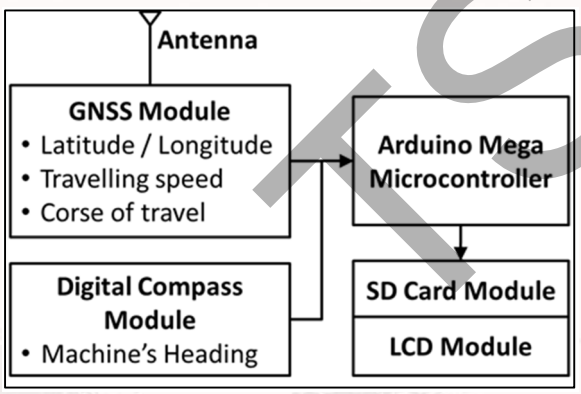
ในการระบุสมรรถนะของเครื่องจักรกลเกษตร ประสิทธิภาพในการทำงานเชิงเวลาเป็นค่าชี้ที่สำคัญประการหนึ่งโดยเป็นอัตราส่วนระหว่างเวลาที่ใช้ในการทำงานซึ่งทำให้เกิดผลผลิตของอุปกรณ์นั้นๆ เทียบกับ เวลาทั้งหมดที่ใช้ในการทำงาน [1] กล่าวคือ เวลาที่สูญเสียในระหว่างการทำงาน เช่น การเลี้ยวที่หัวแปลง และการหยุดใดๆ ในระหว่างการปฏิบัติงาน ส่งผลให้ประสิทธิภาพในการใช้งานของเครื่องจักรลดลง โดยทั่วไป ปัจจัยจากรูปร่างและขนาดของแปลง รูปแบบการทำงานในพื้นที่ ขนาดของเครื่องจักร ความคล่องตัวในการเคลื่อนที่ รวมถึงสภาพของพืชและดิน ส่งผลต่อประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องจักรกลเกษตร [2] หากผู้ปฏิบัติงานสามารถทราบและวิเคราะห์ปัจจัยต่างๆ ที่กล่าวมา ย่อมสามารถปรับปรุงประสิทธิภาพของเครื่องจักรกลนั้นได้ อย่างไรก็ตาม ในปัจจุบัน การวัดความสามารถในการทำงานและประสิทธิภาพเชิงเวลาของเครื่องจักรกลเกษตรทำโดยการจับเวลาและบันทึกการทำงานของเครื่องจักรกลเกษตร ซึ่งต้องใช้เวลาและแรงงานจำนวนมาก โดยผู้เก็บข้อมูลต้องมีทักษะและประสบการณ์เพื่อให้ได้ข้อมูลตามสภาพการทำงานจริงของเครื่องจักรกลเกษตร คณะผู้วิจัยจึงได้มีแนวคิดในการนำเทคโนโลยีระบบติดตามพิกัดด้วยดาวเทียม (Global Navigation Satellite System, GNSS หรือที่นิยมเรียกว่า GPS)ร่วมกับเทคโนโลยีเซ็นเซอร์ชนิดต่างๆ มาช่วยในการเก็บข้อมูล อันจะทำให้นักวิจัยสามารถวิเคราะห์หาสมรรถนะของรถตัดอ้อยได้อย่างถูกต้อง

วัตถุประสงค์ของการศึกษานี้คือการพัฒนาระบบการวัดประสิทธิภาพการทำงานเชิงเวลาของเครื่องจักรกลเกษตรด้วยระบบ GNSS

2. วัสดุและวิธีการ

ในการศึกษานี้ผู้วิจัยได้ทำการการพัฒนาระบบบันทึกการเคลื่อนที่ของเครื่องจักรกลเกษตร โดยได้ติดตั้งเพื่อใช้ศึกษาการทำงานของรถตัดอ้อย (John Deere 3520, USA) ในขณะทำงานในแปลงอ้อยในเขตอำเภอเมือง จังหวัดสระแก้ว (13° 49.203'N 102° 3.041'E) ระบบที่พัฒนาขึ้นและวิธีการทดสอบมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

หลักการทำงานของระบบบันทึกข้อมูลที่พัฒนาขึ้นแสดงดังรูปที่ 1 โดย โมดูล GNSS (U-blox NEO-6M, Switzerland) ให้ข้อมูลพิกัด อัตราเร็วในการเคลื่อนที่ และทิศทางการเคลื่อนที่ ส่วนโมดูลเข็มทิศอิเล็กทรอนิกส์ (Honeywell HMC5883L, USA) จะให้ข้อมูลทิศทางการหันหัวของของรถตัดอ้อย โดยข้อมูลที่กล่าวมาจะถูกส่งไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ (Arduino MEGA 2560, Italy) เพื่อบันทึกลงในหน่วยความจำ SD Card และแสดงผลลงบนหน้าจอ LCD ทุกๆ 1 วินาที ข้อมูลจะถูกประมวลผลในภายหลังบนคอมพิวเตอร์



รูปที่ 1 ส่วนประกอบของระบบบันทึกการเคลื่อนที่ของเครื่องจักรกลเกษตร

นอกจากนี้ ผู้วิจัยได้ติดตั้งกล้องวีดีโอจำนวน 1 ตัวบนหลังคาของรถตัดอ้อย (รูปที่ 2ก) และติดตั้งกล้องวีดีโอจำนวน 4 ตัวข้างแปลงอ้อย (รูปที่ 2ข แสดงกล้องข้างแปลง 1 ใน 4 ตัวที่ใช้) เพื่อบันทึกภาพเคลื่อนไหวของรถตัดอ้อยในขณะทำงาน เพื่อการอ้างอิงและตรวจสอบในภายหลัง

รูปที่ 2 กล้องวีดีโอ (ก) ติดตั้งบนหลังคาของรถตัดอ้อย และ (ข) ติดตั้งอยู่ข้างแปลงอ้อย เพื่อบันทึกภาพเคลื่อนไหวของรถตัดอ้อยในขณะทำงาน

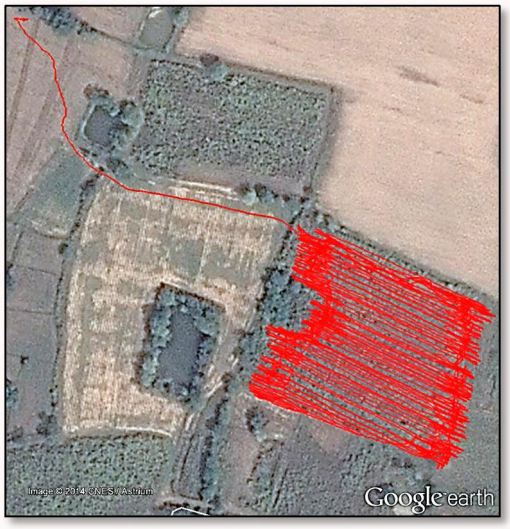
3. ผลการศึกษา

การเก็บข้อมูลดำเนินการในวันที่ 1 เมษายน 2557 แปลงที่ศึกษามีพื้นที่ 6 ไร่ ปลูกอ้อย 64 แถว ที่ระยะระหว่างแถว 1.5 เมตร ได้ผลผลิตอ้อย 49.7 ตัน คิดเป็น 8.3 ตัน/ไร่

ระบบที่พัฒนาขึ้นได้ทำการบันทึกข้อมูลการเคลื่อนที่ของรถตัดอ้อยตั้งแต่จุดหยุดพักก่อนเข้าแปลง การเคลื่อนที่เข้าแปลง การเปิดหัวแปลง การทำงานภายในแปลงจนกระทั่งเก็บเกี่ยวเสร็จ พิกัดการเคลื่อนที่ของรถตัดอ้อยแสดงในโปรแกรมแผนที่ Google Earth (Google Inc., USA) ดังรูปที่ 3

การวิเคราะห์ข้อมูลดำเนินการที่ห้องปฏิบัติการ Precision Agriculture หลักสูตรวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง โดยค่าพิกัดแบบ Latitude และ Longitude ได้ถูกแปลงให้เป็นพิกัดแบบ UTM (Universal Transverse Mercator) เพื่อให้สามารถเปรียบเทียบทิศทางการเคลื่อนที่กับทิศทางการหันหัวของรถตัดอ้อยได้ ช่วยในการพิจารณาว่าเป็นการเคลื่อนที่เดินหน้า ถอยหลัง หรือเลี้ยว นอกจากนี้เพื่อความสะดวกต่อการพิจารณาและวิเคราะห์ จึงทำการหมุน

ระนาบของพิกัด UTM ให้แนวของแถวอ้อยเป็นแกนนอน โดยส่วนใหญ่อ้อยจะถูกตัดบนการเคลื่อนที่ในแกน x ส่วนการเคลื่อนที่บนแกน y เป็นการเปลี่ยนแถว



รูปที่ 3 พิกัดการเคลื่อนที่ของรถตัดอ้อยตั้งแต่เดินทางเข้าแปลงจนเก็บเกี่ยวเสร็จ

จากข้อมูลที่ได้ รถตัดอ้อยใช้เวลาในการทำงานทั้งหมด 5:04 ชั่วโมง คิดเป็นความสามารถในการทำงานเชิงพื้นที่ 1.18 ไร่/ชั่วโมง และเชิงวัสดุ 9.8 ตัน/ชั่วโมง

ข้อมูลเชิงเวลาสามารถถูกจำแนกเป็นกิจกรรมที่เป็นความสูญเสียเชิงเวลาได้เป็น 2 ประเภทอย่างชัดเจน คือ 1) เวลาที่รถตัดอ้อยไม่เคลื่อนที่ (ความเร็วในการเคลื่อนที่เป็นศูนย์) และ 2) เวลาที่รถตัดอ้อยเคลื่อนที่ถอยหลัง (ทิศทางการเคลื่อนที่สวนทางกับทิศทางการหันหัวของรถตัด) โดยตารางที่ 1 แสดงข้อมูลเวลาที่กล่าวมา เวลาที่รถตัดอ้อยหยุดนิ่งและเคลื่อนที่ถอยหลัง เท่ากับ 0:49 และ 1:53 ชั่วโมง ตามลำดับ คิดเป็น 16.2% และ 37.2% ของเวลาทั้งหมดที่ใช้ในการทำงานตามลำดับ

อย่างไรก็ตามเวลา 2 ประเภทที่กล่าวมายังไม่ครอบคลุมเวลาที่สูญเสียทั้งหมดในการทำงาน เนื่องจากข้อมูลที่มียังไม่สามารถระบุช่วงเวลาที่ใช้ในการเลี้ยวซึ่งมีความซับซ้อนได้อย่างชัดเจน นอกจากนี้ระบบยังไม่สามารถจำแนกเหตุการณ์ที่รถตัดเคลื่อนที่ไปข้างหน้าแต่ไม่มีการตัดอ้อยเกิดขึ้น ดังนั้นในการศึกษานี้จึงใช้ภาพเคลื่อนไหวที่บันทึกไว้จากกล้องวีดีโอที่บันทึกไว้มาช่วยในการระบุช่วงเวลาที่ทำการเลี้ยวหัวแปลงและพฤติกรรมความสูญเสียอื่นๆ ซึ่งใช้เวลา 1:37 ชั่วโมง คิดเป็น 31.9% ของเวลาทั้งหมด (ตารางที่ 1)

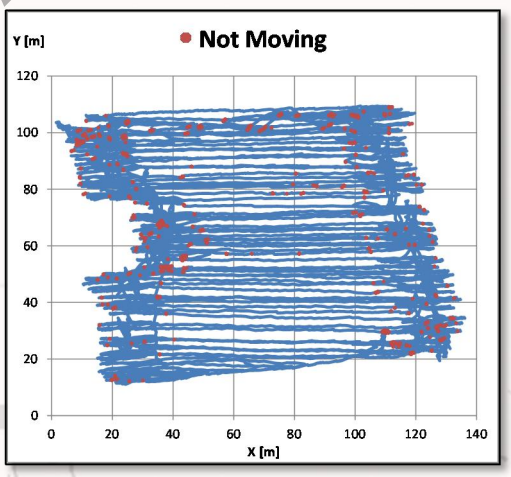
ตำแหน่งที่เกิดการสูญเสียเชิงเวลาที่ได้กล่าวมาสามารถนำมาแดงเป็นกราฟได้ดังรูปที่ 4 ถึง 6 โดยในรูปที่ 6 เห็นได้ว่ารถตัดอ้อยมีการเคลื่อนที่ถอยหลังบ่อยครั้งในช่วงเปิดแปลง (ส่วนบนของภาพ) ในขณะเลี้ยวที่หัว-ท้ายแปลงก็ตรวจพบการเคลื่อนที่ถอยหลังด้วย

จะเห็นได้ว่าข้อมูลความสูญเสียเชิงเวลาในส่วนของการเคลื่อนที่ถอยหลังและการเลี้ยวหัวแปลงมีความทับซ้อนกันในบางส่วน ดังนั้นในการวิเคราะห์ความสูญเสียทั้งหมดต้องนำเอาเหตุการณ์ความสูญเสียต่างๆ มาพิจารณาถึงการทับซ้อนกันของเหตุการณ์ (intersection) และเมื่อตัดเอาเหตุการณ์ความสูญเสียทั้งหมดออกจะได้เวลาที่ใช้ในการทำงานจริงที่มีการตัดอ้อยเท่ากับ 2:17 ชั่วโมง คิดเป็น 45.0% ซึ่งค่าดังกล่าวก็คือ “ประสิทธิภาพการทำงานเชิงเวลา” โดยรูปที่ 7 แสดงเส้นทางการทำงานของรถตัดอ้อยที่ตัดเอาเหตุการณ์ที่เป็นความสูญเสียเชิงเวลาออกแล้ว

ตารางที่ 1 การจำแนกเวลาที่ใช้ในการทำงานของรถตัดอ้อย

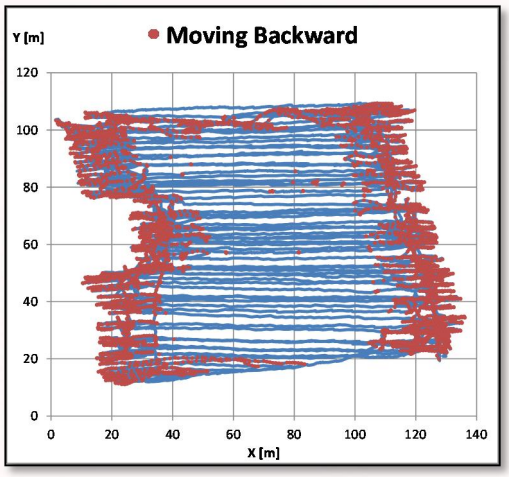
เวลาที่ใช้	เวลา (ชั่วโมง)	ร้อยละ
- เวลาทั้งหมด	5:04:00	100%
- หยุดนิ่ง	0:49:10	16.2%
- เคลื่อนที่ถอยหลัง	1:53:05	37.2%
- เลี้ยวหัวแปลง	1:36:52	31.9%
- ทำการตัดอ้อยจริง	2:16:40	45.0%

หมายเหตุ เวลาที่สูญเสียที่จำแนกข้างต้นเป็นเวลาที่เกิดขึ้นจริงตาม กิจกรรมและมีช่วงที่ทับซ้อนกัน ดังนั้นผลรวมของเวลาที่ สูญเสียดังกล่าวจึงไม่ใช่เวลารวมทั้งหมด

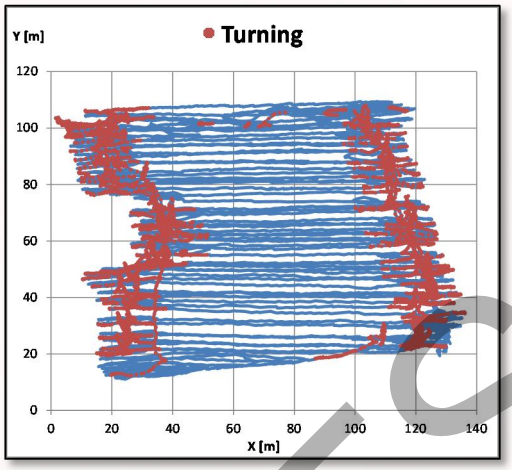


รูปที่ 4 จุดสีแดงแสดงตำแหน่งที่รถตัดอ้อยหยุดนิ่ง

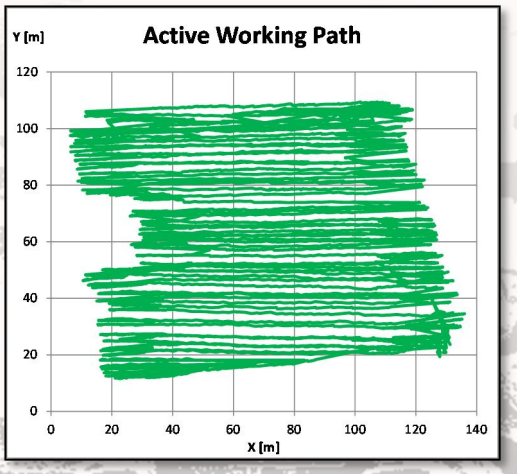
TSAE



รูปที่ 5 จุดสีแดงแสดงตำแหน่งที่รถตัดอ้อยเคลื่อนที่ถอยหลัง



รูปที่ 6 จุดสีแดงแสดงตำแหน่งที่รถตัดอ้อยเลี้ยวหัวแปลง โดยพิจารณาจากกล้องวีดีโอ



รูปที่ 6 เส้นทางการทำงานของรถตัดอ้อยที่ตัดเอาเหตุการณ์ที่เป็นความสูญเสียเชิงเวลาออกแล้ว

4. สรุป

การวิจัยนี้สามารถพัฒนาระบบติดตามเพื่อบันทึกข้อมูลการเคลื่อนที่ของเครื่องจักรกลเกษตรสำหรับหาความสามารถในการทำงานเชิงเวลาได้

จากการทดสอบติดตามการทำงานของรถตัดอ้อยในแปลงอ้อยขนาด 6 ไร่ สามารถจำแนกกิจกรรมที่ทำให้เกิดความสูญเสียเชิงเวลา ในระหว่างการทำงาน ได้แก่ การที่รถตัดอ้อยหยุดนิ่งอยู่กับที่ และการที่รถตัดอ้อยเคลื่อนที่ถอยหลัง อย่างไรก็ตามข้อมูลที่ได้ยังไม่ครอบคลุมเวลาที่สูญเสียจากการเลี้ยวทั้งหมดเนื่องจากมีบางจังหวะที่มีการเคลื่อนที่ไปข้างหน้าแต่ไม่มีการตัดอ้อย ดังนั้นจึงใช้ข้อมูลภาพเคลื่อนไหวที่บันทึกไว้ด้วยวีดีโอมาช่วยในการพิจารณาเพิ่มเติม โดยพบว่าการตัดอ้อยในแปลงที่ศึกษา มีความสามารถในการทำงานเชิงเวลา 45.0%

ในส่วนของข้อเสนอแนะ ควรมีการพัฒนาเทคนิคหรืออุปกรณ์เพิ่มเติมเพื่อตรวจจับว่าชุดหัวตัดทำการตัดอ้อยอยู่หรือไม่ เพื่อให้ระบบสามารถบันทึกและวิเคราะห์ผลการทำงานได้อย่างครบถ้วน

5. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณบริษัทน้ำตาลตะวันออก จังหวัดสระแก้ว ที่อนุญาตให้ดำเนินการวิจัย และติดตั้งระบบติดตาม ฯ บนรถตัดอ้อยของบริษัท

6. เอกสารอ้างอิง

[1] Hunt, Donnell. 2001. Farm Power and Machinery Management, 10th ed. Waveland Press, Inc.

[2] ลือพงษ์ ลือนาม. 2550. เอกสารประกอบการสอนวิชาเครื่องจักรกลเพื่อพัฒนาการเกษตร. ภาควิชาเทคนิคเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. กรุงเทพฯ.

TSAE